

文章编号: 1674-5566(2018)06-0844-11

DOI:10.12024/jsou.20180202215

中华绒螯蟹生殖群体生物学特征及消化酶活力研究

于海馨¹, 徐东坡¹, 周游², 游磊³, 杨彦平¹, 刘凯¹

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心 农业部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 江苏 无锡 214081; 2. 江南大学 食品学院, 江苏 无锡 214122; 3. 南京农业大学 无锡渔业学院, 江苏 无锡 214128)

摘要: 为研究中华绒螯蟹生殖洄游途中渔获规格、性腺成熟度及消化能力的差异特征, 于 2014 年洄游汛期(10—11 月)在长江下游 8 个断面采集样本并进行生物学调查及消化酶活力测定。共随机采集样本 261 只, 其中雌蟹 127 只, 雄蟹 134 只。壳宽变幅为 44.46 ~ 96.06 mm, 均值为(64.28 ± 9.45) mm; 体质量变幅为 34.9 ~ 312.9 g, 均值为(131.65 ± 57.79) g。壳宽和体质量呈显著的幂函数相关, 雌蟹关系式为 $y = 0.0008x^{2.8596}$ ($R^2 = 0.9512$), 雄蟹关系式为 $y = 0.0004x^{3.0315}$ ($R^2 = 0.9601$)。性腺指数(GSI)变幅为 0.71 ~ 10.84, 均值为 4.94 ± 2.59; 肝胰腺指数(HSI)变幅为 2.46 ~ 20.04, 均值为 7.92 ± 1.89。淀粉酶比活力变幅为 0.02 ~ 5.45 U/mg prot, 均值为(0.84 ± 0.76) U/mg prot; 脂肪酶比活力变幅为 0.28 ~ 1.13 U/g prot, 均值为(0.68 ± 0.14) U/g prot; 胰蛋白酶活力变幅为 117.21 ~ 78 897.26 U/mg prot, 均值为(10 947.64 ± 12 663.57) U/mg prot; 纤维素酶比活力变幅为 0.74 ~ 2.59 U/g prot, 均值为(1.32 ± 0.27) U/g prot。结果表明, 中华绒螯蟹洄游途中较少摄食, 洄游早期主要由肝胰腺中贮备的脂肪供能, 后期摄食强度则逐渐增大。在其生殖洄游通道上, 渔获规格呈递减趋势, 且雄蟹总体大于雌蟹; 肝胰腺指数与性腺指数表现为消长的变化特征; 淀粉酶和胰蛋白酶活力呈递降趋势, 纤维素酶活性变幅较小, 而脂肪酶活性则逐渐上升。

关键词: 中华绒螯蟹; 消化酶; 生物学特征; 性成熟; 生殖洄游

中图分类号: S 917 **文献标志码:** A

中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)又称河蟹、大闸蟹, 隶属于十足目(Decapoda)、方蟹科(Grapsidae)、绒螯蟹属(*Eriocheir*), 是我国重要的经济甲壳类动物和主要水产养殖品种, 2017 年我国成蟹养殖产量高达 81.21 万吨^[1]。其天然群体主要分布于我国东部和朝鲜西部的通海河流及河口区^[2], 因地域环境差异, 在我国形成了长江蟹、辽河蟹和瓯江蟹三大代表种群, 其中长江蟹在种群数量和种质方面均优于辽蟹和瓯蟹^[3,4], 因此成为养殖苗种的主要来源。

中华绒螯蟹是典型的洄游性甲壳动物, 每年秋冬之交, 在通江河流、湖泊中生长发育至完成最后一次蜕壳后, 中华绒螯蟹成体集中进入长江干流, 沿江而下到达长江口咸淡水交汇区域完成繁殖活动。20 世纪七八十年代, 长江中华绒螯蟹

资源丰富, 向上可洄游至湖北省荆州断面^[5]。20 世纪末以后, 长江中华绒螯蟹资源急剧下降, 目前其汛期洄游范围仅至安徽省安庆断面。近年来, 学者们针对中华绒螯蟹开展了大量的研究, 主要集中在种质资源^[2,5-6]、营养生理^[7-10]、行为学^[11-14]和外来物种入侵^[15]等方面, 关于其天然种群生殖洄游过程中的生物学特征和消化酶活性的研究则未见报道。针对洄游性鱼类的研究主要为人工条件下, 环境因子^[16-19]或饵料^[20-23]对消化酶的影响, 关于鱼类洄游群体消化酶的研究^[19]。本文研究了洄游汛期中华绒螯蟹渔获规格、发育程度和消化酶活性, 掌握各项指标的变动趋势, 以为中华绒螯蟹捕捞强度控制和消化生理学研究提供资料积累。

收稿日期: 2018-02-02 修回日期: 2018-05-01

基金项目: 江苏省自然科学基金(BK20131088); 农业财政专项(CJDC-2017-22)

作者简介: 于海馨(1993—), 女, 研究方向为渔业资源。E-mail: yuhaixin@ffrc.cn

通信作者: 刘凯, E-mail: liuk@ffrc.cn

1 材料与amp;方法

1.1 断面设置和采样时间

在长江下游及河口区的安庆(2014. 10. 28)、

铜陵(2014. 10. 30)、当涂(2014. 10. 31)、南京(2014. 10. 25)、镇江(2014. 11. 13)、靖江(2014. 11. 5)、南通(2014. 11. 3)和长江口(2014. 11. 8)共 8 个采样断面采集样本(图 1)。

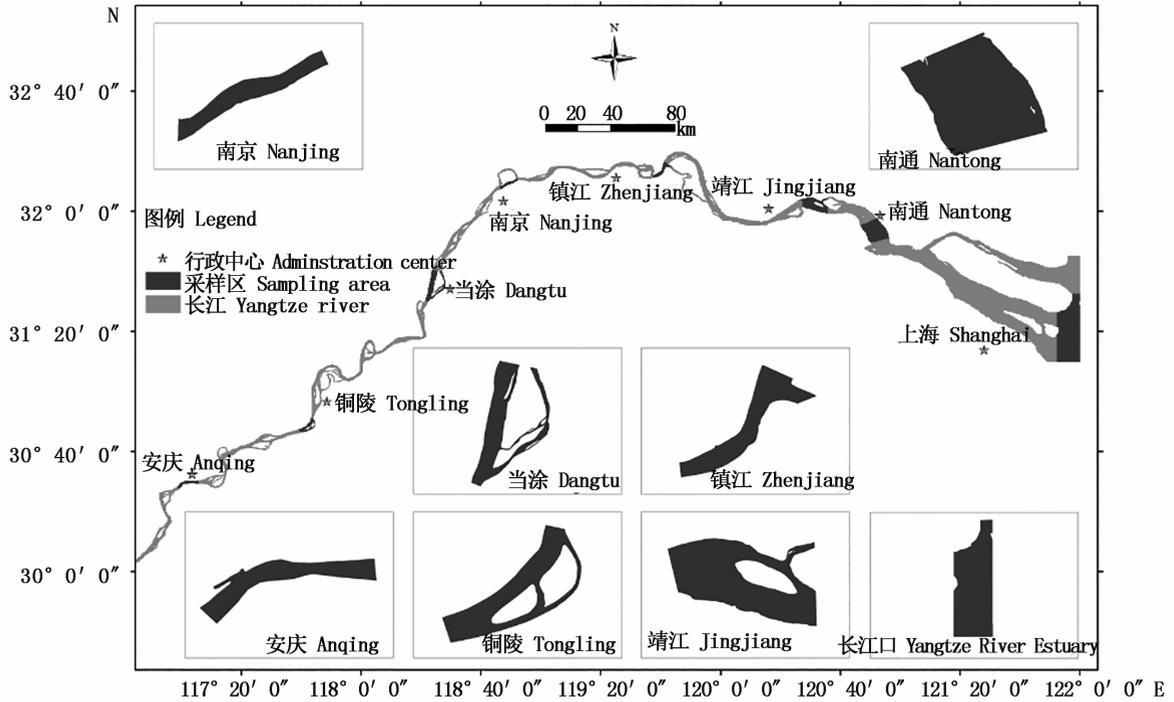


图 1 采样断面示意图

Fig. 1 Sketch of sampling stations of the crabs

1.2 样品采集与amp;处理

1.2.1 采样网具及amp;方法

采样网具为蟹拖网,网高 1.2 m,网宽 3.0 m,网目尺寸 4.8 cm,每船挂网 12 口。各断面拖捕 2~4 网,将所有样本分性别随机各取 15 只左右,冰水浴麻醉后用数显游标卡尺测定壳宽、壳高、体厚,精确到 0.01 mm,用电子天平测定体质量,精确到 0.1 g。完成生物学测定后迅速解剖,剥离性腺和肝胰腺,移入已记录空重的样品瓶中称重,精确到 0.01 g,随后迅速放入盛有干冰的保温箱中暂存,带回实验室后转入 -80 °C 冰箱保存。采用性腺指数 (gonadosomatic index, GSI) 和肝胰腺指数 (hepatosomatic index, HSI) 对成蟹进行成熟状态评价^[19],计算方法为:

$$G_{SI} = (M_1/M) \times 100 \tag{1}$$

$$H_{SI} = (M_2/M) \times 100 \tag{2}$$

式中: G_{SI} 为性腺指数; H_{SI} 为肝胰腺指数; M 为体

质量; M_1 为性腺重量; M_2 为肝胰腺重量。

1.2.2 实验室分析

粗酶液制备:解冻肝胰腺后,用分析天平称取约 0.200 0 g 左右的组织,按组织重量加入 9 倍体积的预冷 0.9% 生理盐水,冰浴条件下用匀浆机按 3 500 r/min 匀浆 30 s,匀浆液经 4 °C、5 500 r/min 离心 12 min,取上清液分装待测。消化酶类活性测定:采用南京建成生物工程研究所生产的试剂盒测定总蛋白含量及胰蛋白酶、淀粉酶、脂肪酶和纤维素酶的活性。

1.3 数据统计与分析

所得试验数据采用平均值 ± 标准差 (Mean ± SD) 的方式表示,采用 SPSS 20.0 统计分析软件进行双因素方差分析 (double factor variance analysis),以 $P < 0.05$ 为差异显著性标准, $P < 0.01$ 为差异极显著性标准。

2 结果与分析

2.1 渔获规格

2014 年汛期,在各断面共随机采集样本 261 只,其中雌蟹 127 只、雄蟹 134 只(表 1)。样本壳宽变幅为 44.46 ~ 96.06 mm,均值为 (64.28 ± 9.45) mm;壳高变幅为 39.91 ~ 82.56 mm,均值为 (60.13 ± 8.80) mm;体厚变幅为

21.35 ~ 43.83 mm,均值为 (31.77 ± 4.78) mm;体质量变幅为 34.9 ~ 312.9 g,均值为 (131.65 ± 57.79) g(表 2)。分别对雌、雄蟹壳宽和体质量进行回归分析,结果显示两指标呈显著的幂函数关系(图 2,图 3),雌蟹两指标关系式为 $y = 0.0008x^{2.8596}$, $R^2 = 0.9512$;雄蟹两指标关系式为 $y = 0.0004x^{3.0315}$, $R^2 = 0.9601$ 。

表 1 样本来源

Tab.1 Source of the experimental samples

断面 Section	安庆 Anqing	铜陵 Tongling	当涂 Dangtu	南京 Nanjing	镇江 Zhenjiang	靖江 Jingjiang	南通 Nantong	长江口 Yangtze River Estuary	总计 Total
♀	16	15	18	14	20	19	16	19	127
♂	16	16	16	16	16	17	18	19	134
合计	32	31	34	30	36	36	34	38	261

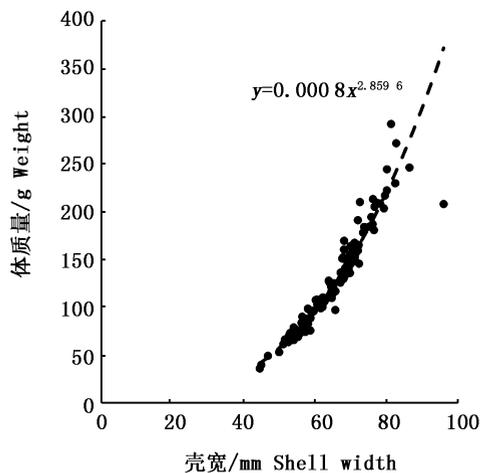


图 2 中华绒螯蟹雌蟹壳宽-体质量方程
Fig.2 The relationship between shell width and weight of the female crabs

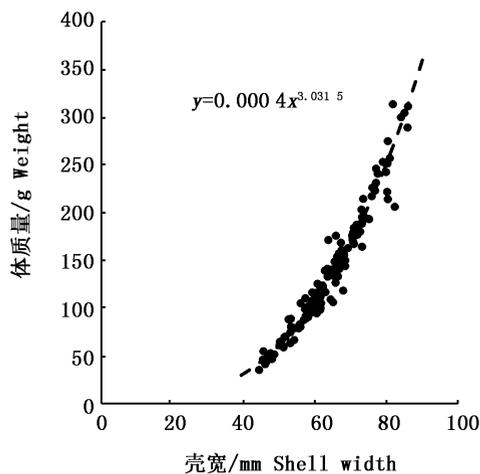


图 3 中华绒螯蟹雄蟹壳宽-体质量方程
Fig.3 The relationship between shell width and weight of the male crabs

2.2 性腺指数和肝胰腺指数

结果显示,各断面样本的性腺指数(GSI)变幅为 0.71 ~ 10.84,均值为 4.94 ± 2.59 ;其中雌蟹性腺指数变幅为 1.37 ~ 10.84,均值为 6.71 ± 2.08 ;雄蟹性腺指数变幅为 0.71 ~ 9.15,均值为 3.27 ± 1.79 (图 4)。各断面样本的肝胰腺指数(HSI)变幅为 2.46 ~ 20.04,均值为 7.92 ± 1.89 ;其中雌蟹肝胰腺指数变幅为 2.96 ~ 13.78,均值为 8.25 ± 1.92 ;雄蟹肝胰腺指数变幅为 2.46 ~ 20.04,均值为 7.61 ± 1.82 (图 5)。就上述两项指标的空间特征而言,从安庆至长江口样本性腺指数总体呈递增趋势,而肝胰腺指数则呈波动下降趋势;就雌雄样本而言,雄性个体的性腺指数显著高于雌性个体,而雌性样本的肝胰腺指数则高于雄性样本。

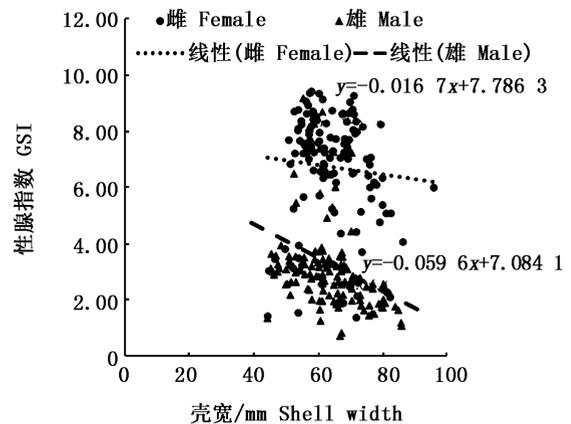


图 4 中华绒螯蟹性腺指数变化趋势
Fig.4 Tendency of crabs GSI

表 2 中华绒螯蟹渔获规格
Tab. 2 The biological characteristics of the crabs

断面 Section	壳宽/mm Shell width			壳高/mm Shell height		
	合并 Combined	♀	♂	合并 Combined	♀	♂
安庆 Anqing	69.37 ± 8.77	71.08 ± 7.48	68.04 ± 9.65	66.21 ± 8.39	68.51 ± 6.86	64.41 ± 9.21
铜陵 Tongling	64.86 ± 11.04	62.75 ± 7.85	65.86 ± 12.35	61.81 ± 10.30	60.93 ± 7.41	62.22 ± 11.60
当涂 Dangtu	71.99 ± 8.83	72.81 ± 4.89	70.56 ± 13.63	67.94 ± 8.02	69.22 ± 4.13	65.68 ± 12.33
南京 Nanjing	66.19 ± 11.95	66.45 ± 10.02	65.99 ± 13.90	62.01 ± 10.82	63.10 ± 8.50	61.20 ± 12.81
镇江 Zhenjiang	63.59 ± 10.05	65.57 ± 11.22	60.90 ± 7.63	58.87 ± 8.03	60.63 ± 8.53	56.46 ± 6.75
靖江 Jingjiang	60.90 ± 7.85	60.42 ± 6.77	61.35 ± 8.82	56.70 ± 7.69	56.79 ± 6.79	56.61 ± 8.55
南通 Nantong	59.32 ± 5.45	58.01 ± 4.24	60.19 ± 6.15	55.67 ± 5.27	54.69 ± 3.98	56.31 ± 6.07
长江口 Yangtze River Estuary	63.79 ± 6.48	61.03 ± 6.85	66.56 ± 4.87	58.40 ± 5.59	56.82 ± 6.41	59.98 ± 4.27
总计 total	64.28 ± 9.45	64.53 ± 9.14	64.05 ± 9.76	60.13 ± 8.80	60.79 ± 8.31	59.51 ± 9.23

断面 Section	体厚/mm Body thickness			体质量/g Body weight		
	合并 Combined	♀	♂	合并 Combined	♀	♂
安庆 Anqing	34.88 ± 4.85	37.2 ± 3.96	33.08 ± 4.81	160.12 ± 55.72	159.12 ± 46.04	160.89 ± 63.56
铜陵 Tongling	32.45 ± 5.33	32.70 ± 4.30	32.33 ± 5.87	141.94 ± 75.43	115.30 ± 42.95	154.47 ± 84.89
当涂 Dangtu	35.88 ± 4.43	36.95 ± 2.70	34.02 ± 6.24	183.55 ± 61.77	176.54 ± 30.88	195.81 ± 96.98
南京 Nanjing	33.22 ± 6.00	34.94 ± 4.97	31.92 ± 6.70	137.08 ± 67.31	128.72 ± 52.76	143.35 ± 79.50
镇江 Zhenjiang	30.59 ± 4.42	32.00 ± 4.75	28.67 ± 3.10	123.41 ± 55.19	132.61 ± 64.59	110.87 ± 36.75
靖江 Jingjiang	29.91 ± 4.00	30.25 ± 3.72	29.6 ± 4.27	112.77 ± 46.91	101.41 ± 34.82	123.47 ± 54.33
南通 Nantong	30.08 ± 3.54	29.82 ± 4.00	30.24 ± 3.38	99.91 ± 32.94	87.83 ± 17.72	107.96 ± 38.69
长江口 Yangtze River Estuary	31.43 ± 3.16	31.17 ± 3.72	31.70 ± 2.60	129.10 ± 37.95	109.87 ± 36.45	148.32 ± 29.35
总计 total	31.77 ± 4.78	32.62 ± 4.73	30.96 ± 4.71	131.65 ± 57.79	125.73 ± 51.52	137.26 ± 62.83

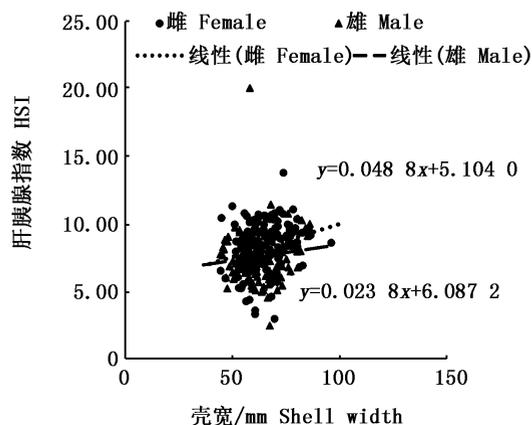


图 5 中华绒螯蟹肝胰腺指数变化趋势
Fig. 5 Tendency of crabs HSI

2.3 消化酶活性

2.3.1 淀粉酶

淀粉酶比活力变幅为 0.02 ~ 5.45 U/mg prot, 均值为(0.84 ± 0.76) U/mg prot。雌蟹变幅

为 0.03 ~ 5.45 U/mg prot, 均值为(0.80 ± 0.67) U/mg prot; 雄蟹变幅为 0.02 ~ 4.84 U/mg prot, 均值为(0.88 ± 0.62) U/mg prot (图 6)。总体上, 雄蟹略高于雌蟹。从不同断面来看, 当涂断面淀粉酶活性最高, 而长江口段最低, 自上游至下游河口区下降趋势明显; 从性别差异来看, 虽然两者变化趋势大体一致, 但雌蟹淀粉酶活性下降趋势较为平缓, 而雄蟹淀粉酶活性则在铜陵段和南通段出现较大波动。

2.3.2 脂肪酶

脂肪酶比活力变幅为 0.28 ~ 1.13 U/g prot, 均值为(0.68 ± 0.14) U/g prot。雌蟹变幅为 0.28 ~ 1.13 U/g prot, 均值为(0.69 ± 0.14) U/g prot; 雄蟹变幅为 0.40 ~ 1.03 U/g prot, 均值为(0.67 ± 0.13) U/g prot。空间上, 雌、雄蟹都以长江口断面的活性最高, 分别为(0.82 ± 0.11) U/g prot 和(0.73 ± 0.13) U/g prot, 且均以南京段最低, 分别为(0.57 ± 0.09) U/g prot 和(0.51 ±

0.07) U/g prot, 自上游至下游, 表现为先降后升的趋势, 在南京段到达低谷后, 后续断面均保持上升趋势(图7); 性别上, 雌、雄蟹脂肪酶活性差异不显著, 且两者空间变化趋势几乎完全一致。

2.3.3 胰蛋白酶

胰蛋白酶比活力变幅为 117.21 ~ 78 897.26 U/mg prot, 均值为 $(10\ 947.64 \pm 12\ 663.57)$ U/mg prot。雌蟹变幅为 117.91 ~ 71 317.81 U/mg prot, 均值为 $(9\ 986.27 \pm 9\ 186.23)$ U/mg prot; 雄蟹变幅为 117.21 ~ 78 897.26 U/mg prot, 均值为 $(11\ 858.80 \pm 14\ 803.61)$ U/mg prot(图8)。从空间上来看, 雌蟹以当涂段酶活性最高, 而雄蟹以铜陵段最高, 两者均以长江口段最低, 整个下游表现为升-降-升-降的变化趋势, 雌、雄蟹的变化趋势大体一致。

2.3.4 纤维素酶

纤维素酶比活力变幅为 0.74 ~ 2.59 U/g prot, 均值为 (1.32 ± 0.27) U/g prot。雌蟹变幅为 0.74 ~ 1.92 U/g prot, 均值为 (1.33 ± 0.25) U/g prot; 雄蟹变幅为 0.83 ~ 2.59 U/g prot, 均值为 (1.32 ± 0.29) U/g prot(图9)。雌、雄蟹纤维素酶比活力差异不显著。空间变化上, 整个种群纤维素酶活性以南通、长江口段为高, 当涂、南京段为低; 就雌蟹而言, 酶活性表现为降-升-降的变化趋势, 雄蟹酶活性则呈波动性变化, 并无明显规律。

2.3.5 统计分析

通过将断面、雌雄两因素与 4 种消化酶活性分别进行双因素方差分析(double factor variance analysis)。结果表明, 不同断面雌、雄蟹淀粉酶、脂肪酶、胰蛋白酶和纤维素酶活性均差异极显著($P < 0.01$); 雌、雄蟹之间 4 种消化酶活性都表现为差异不显著($P > 0.05$, P 分别为 0.538、0.119、0.564 和 0.297); 不同断面和雌雄差异的交互影响对纤维素酶活性影响显著($P < 0.01$), 而对其他 3 种酶活性的影响不显著($P > 0.05$, P 分别为 0.214、0.537 和 0.067)。统计结果表明, 不同断面间中华绒螯蟹淀粉酶、脂肪酶、胰蛋白酶和纤维素酶活性存在极显著差异, 而雌、雄蟹之间 4 种消化酶活性差异均不显著, 断面和性别的交互影响仅对纤维素酶活性有影响, 空间差异是造成酶活性显著差异的主要原因(表3)。

3 讨论

3.1 中华绒螯蟹生殖洄游群体渔获规格变化特征

生殖洄游是中华绒螯蟹生活史的重要环节, 其主要洄游通道位于长江下游干流。历史上中华绒螯蟹在长江中下游流域广为分布, 其洄游足迹远至湖北荆州市沙市区断面。20 世纪 90 年代以后, 由于江湖阻隔和水环境日趋恶化, 加之长期过度捕捞, 长江中下游蟹汛逐渐消失, 仅在长江口尚能形成亲蟹冬汛^[24]。自 2004 年开始, 长江下游两省一市持续开展了大规模的中华绒螯蟹增殖放流活动, 至 2007 年, 消失多年的蟹汛又逐渐恢复^[2]。

在其洄游通道上, 中华绒螯蟹抽样渔获规格表现为当涂 > 安庆 > 铜陵 > 南京 > 长江口 > 镇江 > 靖江 > 南通, 安徽断面规格总体较大, 长江口次之, 江苏断面的规格相对较小。徐东坡等^[25]和王海华等^[26]的研究结果均显示, 中华绒螯蟹渔获规格在空间分布上呈自上至下逐步下降的趋势。按照农业行业标准《无公害食品中华绒螯蟹养殖技术规范》, 雌、雄蟹分别大于 125 g 和 150 g 为大蟹, 长江安庆段、江苏段和长江口段中华绒螯蟹大规格样本比例分别为 64.18%、31.58% 和 40.00%。同样来自长江口的索饵洄游群体, 在各断面的干流河槽、通江支流和湖泊中经过 1 年的生长, 在规格上表现出显著差异。其原因可能有以下几点: (1) 抵达河口区产卵场的亲蟹规格存在差异, 所繁殖的子代生长性能由此存在差异, 陈军伟等^[27]的研究也证明 1 龄阶段大规格母本后代生长性能表现出优于小规格母本后代的趋势。洄游至更远断面, 意味着幼蟹逆流上溯的距离更长, 其需要克服的天然压力更多, 其溯江洄游的过程也是群体锻炼、筛选和分流的过程, 溯河洄游更远的幼蟹通常种质更优, 可能具备更好的生长性能; (2) 研究表明, 对甲壳动物而言, 蜕壳频率和每次蜕壳后的增重是决定生长速度的关键因素^[28]。中华绒螯蟹蜕壳频率和蜕壳后增重受生态环境的影响, 在不同断面的通江河流湖泊中, 因空间差异必然存在水环境和饵料丰度的差异。长江中游及下游上段与下游下段相比,

表 3 中华绒螯蟹消化酶活性
Tab.3 Tendency of digestive enzyme activity of the crabs

断面 Section		安庆 Anqing	铜陵 Tongling	当涂 Dangtu	南京 Nanjing
淀粉酶 Amylase	♀	1.5 ± 0.98	0.72 ± 0.69	1.69 ± 1.44	0.92 ± 0.70
	♂	1.30 ± 0.93	1.58 ± 1.09	1.53 ± 1.41	1.10 ± 0.45
	合并 Combined	1.39 ± 0.94	1.31 ± 1.05	1.63 ± 1.40	1.03 ± 0.55
脂肪酶 Lipase	♀	0.66 ± 0.08	0.75 ± 0.20	0.72 ± 0.15	0.57 ± 0.09
	♂	0.70 ± 0.16	0.72 ± 0.13	0.68 ± 0.16	0.51 ± 0.07
	合并 Combined	0.68 ± 0.13	0.73 ± 0.16	0.71 ± 0.15	0.54 ± 0.08
胰蛋白酶 Trypsin	♀	14 136.02 ± 4 622.07	14 823.96 ± 15 059	18 937.4 ± 18 728.97	12 993.27 ± 6 699.68
	♂	10 508.78 ± 6 341.57	33 519.61 ± 28 043.32	19 758.39 ± 15 133.4	10 260.29 ± 7 877.73
	合并 Combined	12 095.7 ± 5 861.3	27 537 ± 25 877.67	19 235.94 ± 17 136.2	11 431.57 ± 7 256.02
纤维素酶 Cellulase	♀	1.34 ± 0.19	1.27 ± 0.30	1.17 ± 0.22	1.37 ± 0.19
	♂	1.18 ± 0.18	1.45 ± 0.24	1.22 ± 0.27	1.10 ± 0.21
	合并 Combined	1.25 ± 0.20	1.39 ± 0.27	1.19 ± 0.23	1.21 ± 0.24

断面 Section		镇江 Zhenjiang	靖江 Jingjiang	南通 Nantong	长江口 Yangtze River Estuary
淀粉酶 Amylase	♀	0.6 ± 0.54	0.47 ± 0.33	0.88 ± 0.89	0.33 ± 0.25
	♂	0.58 ± 0.47	0.64 ± 0.63	0.57 ± 0.46	0.32 ± 0.3
	合并 Combined	0.59 ± 0.50	0.56 ± 0.51	0.69 ± 0.66	0.33 ± 0.27
脂肪酶 Lipase	♀	0.62 ± 0.14	0.68 ± 0.12	0.68 ± 0.14	0.82 ± 0.11
	♂	0.65 ± 0.13	0.66 ± 0.11	0.63 ± 0.12	0.73 ± 0.13
	合并 Combined	0.64 ± 0.14	0.67 ± 0.12	0.65 ± 0.13	0.78 ± 0.13
胰蛋白酶 Trypsin	♀	8 877.09 ± 6 078.66	5 536.21 ± 5 599.5	13 886.37 ± 8 488.91	3 607.61 ± 2 872.56
	♂	7 993.33 ± 6 607.9	6 731.25 ± 6 679.11	9 774.84 ± 7 717.77	4 528.3 ± 3 670.76
	合并 Combined	8 503.19 ± 6 259.76	6 151.84 ± 6 161.51	11 419.45 ± 8 081.1	4 067.96 ± 3 272.26
纤维素酶 Cellulase	♀	1.32 ± 0.23	1.35 ± 0.25	1.57 ± 0.31	1.36 ± 0.27
	♂	1.43 ± 0.25	1.23 ± 0.24	1.34 ± 0.22	1.49 ± 0.45
	合并 Combined	1.37 ± 0.24	1.29 ± 0.25	1.43 ± 0.27	1.43 ± 0.37

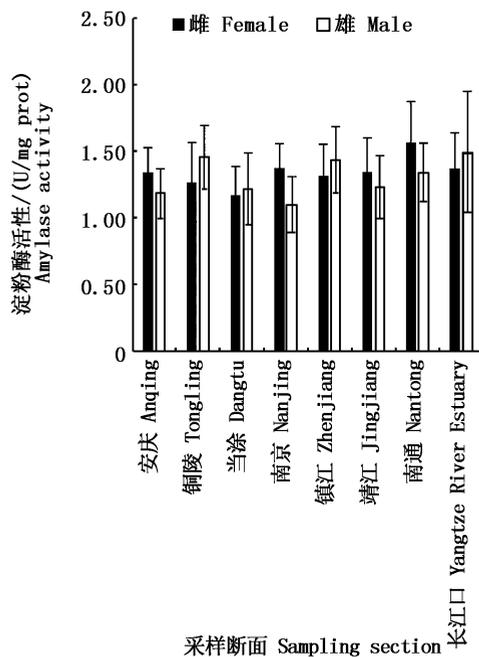


图 6 中华绒螯蟹淀粉酶变化趋势
Fig.6 Tendency of amylase of crabs

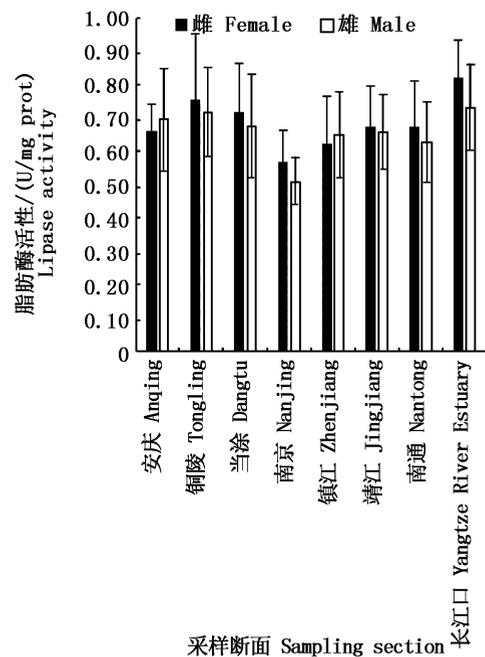


图 7 中华绒螯蟹脂肪酶变化趋势
Fig.7 Tendency of lipase of crabs

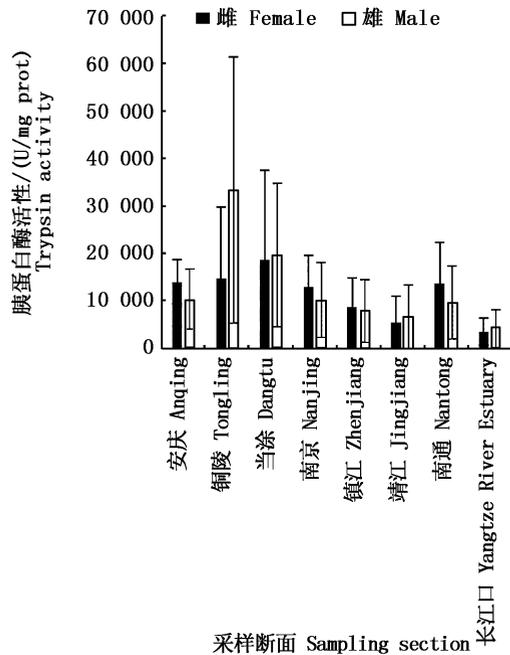


图8 中华绒螯蟹胰蛋白酶变化趋势
Fig. 8 Tendency of trypsin of crabs

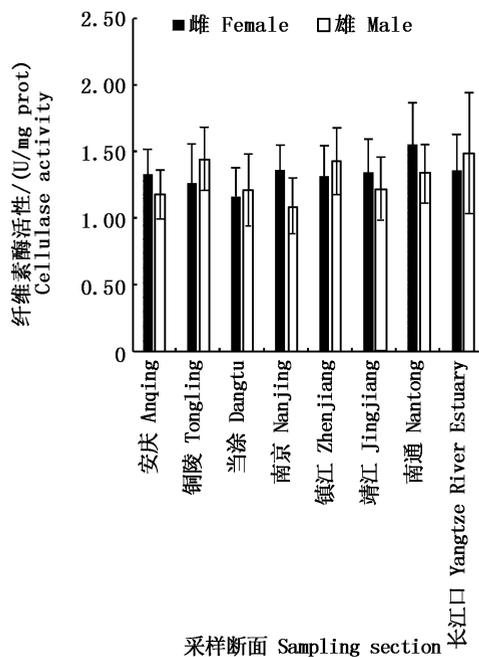


图9 中华绒螯蟹纤维素酶变化趋势
Fig. 9 Tendency of cellulase of crabs

经济发展相对滞后,意味着更少的污染和较优的水环境,这为上溯至前述断面的中华绒螯蟹提供了更优越的栖息场所;(3)洄游至上段的种群数量已相对稀少,同时上段沿岸小型通江湖泊及支汊等适宜栖息地相对更多^[29-30],因此该区域的个

体可利用的栖息地及饵料资源相对更为丰富,因此更有利于生长。施炜纲等^[5]发现,中华绒螯蟹生殖洄游区域上段群体的洄游起始时间略早于下段,表明上段中华绒螯蟹更早开始性腺发育,这也是上段营养条件更为丰富的佐证之一;(4)除此之外,捕捞选择也是导致渔获规格呈现这一特征的原因之一。如前所述,索饵洄游距离越长的个体规格往往更大,但相对地,这些个体在生殖洄游中往往面对更大的捕捞压力,这就造成大多数洄游个体规格自上至下逐步下降的现象。

3.2 中华绒螯蟹生殖洄游群体的性腺发育特征

长江河口区产卵场雌蟹抱卵发育,在春季孵化为溞状幼体,经过5次蜕皮发育为大眼幼体,逐渐开始洄游,大眼幼体在长江靖江及以下断面均有分布^[5],并在该水域的通江支流及湖泊中逐步发育成幼蟹;这些幼蟹在江河深水区越冬后于第二年春季开始大规模溯河洄游至长江下游干流及通江的支流、湖泊中育肥。

8—9月水域中饵料资源丰富,正是中华绒螯蟹的快速生长期,大量能量、物质在肝胰腺中积累,性腺也开始发育。9月以后,中华绒螯蟹逐渐开始生殖洄游。多位学者认为水温下降是其洄游的外界诱因,其性腺的趋于成熟则是生殖洄游的内在需求^[5-6]。在生殖洄游的途中,性腺进一步发育。据此可推断,长江下游断面自上而下,中华绒螯蟹的性腺成熟度是逐渐增大的。本研究以性腺指数作为评价性腺成熟度的指标,结果显示,长江安徽段样本 GSI 高于江苏段,而在江苏段至河口段,样本 GSI 自上而下逐渐升高。究其原因,可能与前述的不同断面群体种质及栖息地条件差异较大有关。

此外,本研究结果显示,中华绒螯蟹性腺指数和肝胰腺指数,在洄游通道内呈现出消长特征,李思发等^[31]的研究也证实了这一特征。另有研究表明,雌蟹卵黄中的脂类,部分由肝脏转移而来^[32]。肝脏作为动物的储能器官,当其对外界能量摄入不足时,可以通过分解或转移肝脏中的储备来满足机体生命活动的需要。由此分析,中华绒螯蟹在洄游途中 GSI 和 HSI 的消长变化,应是肝胰腺供能和转移的表现。

3.3 中华绒螯蟹生殖洄游群体的消化生理特征

肝胰腺是甲壳类动物营养物质吸收、储存以及卵黄生成的中心^[33],也是重要的酶分泌器官。

对于中华绒螯蟹而言,肝胰腺几乎是其消化系统的唯一消化腺,是最重要的消化器官,胃壁和肠壁仅可分泌少量水解酶的初级溶酶体^[34]。肝胰腺分泌的含有各种消化酶的消化液通过肝管进入到中肠,再经过腹滤沟进入到贲门胃,以促进食物消化。

中华绒螯蟹是一种食性极广的杂食性甲壳类动物,其常见食物包括水生植物、小杂鱼、虾贝类、水生昆虫和底栖动物等^[35-36]。有关中华绒螯蟹的消化生理,国内学者已开展了大量的研究,包括其幼体^[37-38]、成蟹的消化生理^[39]、不同地理种群消化能力差异、蜕皮过程中的消化酶活性^[40],以及不同的营养成分或功能因子对肝胰腺消化酶活性的影响^[41]等,而将中华绒螯蟹的生殖洄游与消化生理联系起来的研究尚未见报道。通常,中华绒螯蟹在生殖洄游之前就为在生殖洄游过程中性腺发育积累能量而大量摄食。因此,通常认为其降河洄游过程中不摄食,洄游所需的能量和物质都来自肝胰腺。本研究中,在镇江断面的抽样发现有 11 只样本存在饱胃现象,饱胃率为 30.56%;在靖江断面也有 7 例饱胃现象,饱胃率为 19.44%,而其他断面未监测到饱胃个体。镇江、靖江断面位于洄游路线的后半程,饱胃个体的出现说明洄游过程中仍有部分个体需要补充能量,这可能与其前期能源储备不足有关。

通过分析不同断面中华绒螯蟹淀粉酶、脂肪酶、胰蛋白酶和纤维素酶活性差异发现,空间差异是导致酶活性差异极显著的关键因素,而性别差异对酶活性几乎无影响,李广丽等^[34]对不同地理种群中绒螯蟹蛋白酶与淀粉酶活性的研究也证实雌雄蟹的消化酶活性无显著差异。施炜纲等^[39]认为通过消化酶活性的研究可以有效确定中华绒螯蟹的消化生理和营养需求特点。本研究结果显示,洄游路线上,中华绒螯蟹淀粉酶和胰蛋白酶活力表现为显著的沿江下降趋势,纤维素酶活性则趋于平稳,而脂肪酶活性则表现为稳步增强。由此表明,中华绒螯蟹生殖洄游途中主要依赖于肝胰腺贮备的能量物质,由脂肪来供给其洄游所需能量。

参考文献:

- [1] 农业部渔业渔政管理局. 2017 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
Fisheries and Fisheries Administration Bureau of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China fishery statistical yearbook 2017 [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [2] 刘凯, 汤滔, 段金荣, 等. 长江口九段沙水域中华绒螯蟹汛期特征及影响因子[J]. 中国水产科学, 2013, 20(3): 614-623.
LIU K, TANG T, DUAN J R, et al. Population characteristics and factors affecting the Chinese mitten crab fishery in Jiuduansha, Yangtze River Estuary[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2013, 20(3): 614-623.
- [3] 李应森, 李思发, 徐广友, 等. 长江水系和辽河水系网围养殖中华绒螯蟹生长性能的比较[J]. 上海水产大学学报, 2000, 9(3): 189-193.
LI Y S, LI S F, XU G Y, et al. Comparison of growth performance of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) in pen culture from the Yangtze and Liaohe river systems[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 2000, 9(3): 189-193.
- [4] 谷孝鸿, 赵福顺. 长江中华绒螯蟹的资源与养殖现状及其种质保护[J]. 湖泊科学, 2001, 13(3): 267-271.
GU X H, ZHAO F S. Resources and culturing situation of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) and species character conservation[J]. Journal of Lake Sciences, 2001, 13(3): 267-271.
- [5] 施炜纲, 周昕, 杜晓燕. 长江中下游中华绒螯蟹亲体资源动态研究[J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 641-647.
SHI W G, ZHOU X, DU X Y. Studies on dynamic change of matured mitten crab resource in the middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2002, 26(6): 641-647.
- [6] 刘凯, 段金荣, 徐东坡, 等. 长江口中华绒螯蟹亲体捕捞量现状及波动原因[J]. 湖泊科学, 2007, 19(2): 212-217.
LIU K, DUAN J R, XU D P, et al. Studies on current resource and causes of catch fluctuation of brooders of mitten crab in estuary of the Changjiang River[J]. Journal of Lake Sciences, 2007, 19(2): 212-217.
- [7] 何杰, 吴旭干, 龙晓文, 等. 中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)野生和养殖蟹种对池塘养殖成蟹可食率和营养品质的影响研究[J]. 海洋与湖沼, 2016, 47(1): 140-150.
HE J, WU X G, LONG X W, et al. Comparison in edible yield and nutritional quality of pond-cultured adult *Eriocheir sinensis* from wild-caught and pond-reared crabseeds [J]. Oceanologia et Limnologia Sinica, 2016, 47(1): 140-150.
- [8] 刘泽华, 吴旭干, 龙晓文, 等. 育肥饲料中植物油混合替代鱼油对中华绒螯蟹雄体脂肪酸代谢相关基因表达的影响[J]. 水生生物学报, 2016, 40(4): 767-778.
LIU Z H, WU X G, LONG X W, et al. Effects of fish oil replacement by vegetable oils in fattening diets on the related gene expression of fatty acid metabolism of adult male Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2016, 40(4): 767-778.

- [9] 邓元告, 黄琼叶, 马灌楠, 等. PHB 剂量和饲喂时间对中华绒螯蟹肝胰腺酶活力和肠道菌群多样性的影响[J]. 中国水产科学, 2016, 23(1): 138-145.
DENG Y G, HUANG Q Y, MA G N, et al. Effect of dietary PHB dose and feeding duration on enzyme activities and gut microbial diversity in juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2016, 23(1): 138-145.
- [10] 孙立梅, 陈立侨, 李二超, 等. 高比例棉粕饲料中补充蛋氨酸对中华绒螯蟹幼蟹摄食、生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2013, 37(2): 336-343.
SUN L M, CHEN L Q, LI E C, et al. Effects of dietary methionine supplementation on feeding, growth and antioxidant ability of juvenile Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2013, 37(2): 336-343.
- [11] 贾小燕. 中华绒螯蟹雌性亲蟹行为、能量代谢及血淋巴生理对盐度的响应研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2012.
JIA X Y. Effects of salinities on the behavior, energy metabolism and haemolymph physiology on female adult Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2012.
- [12] 王瑞芳. 长江中华绒螯蟹亲体和早期发育阶段对盐度的生理与行为响应[D]. 上海: 华东师范大学, 2012.
WANG R F. Physical and behavioral response of *Eriocheir sinensis* broodstock, early developmental stages to salinity [D]. Shanghai: East China Normal University, 2012.
- [13] 吴旭干, 赵亚婷, 何杰, 等. 低盐度海水和淡水对中华绒螯蟹性腺发育及交配行为的影响[J]. 动物学杂志, 2013, 48(4): 555-561.
WU X G, ZHAO Y T, HE J, et al. Effects of brackish water and fresh water on gonadal development and mating behavior in adult Chinese mitten crab [J]. Chinese Journal of Zoology, 2013, 48(4): 555-561.
- [14] 庄平, 贾小燕, 冯广朋, 等. 不同盐度条件下中华绒螯蟹亲蟹行为及血淋巴生理变化[J]. 生态学杂志, 2012, 31(8): 1997-2003.
ZHUANG P, JIA X Y, FENG G P, et al. Variations of behavior and haemolymph physiology of female parent Chinese crab (*Eriocheir sinensis*) under different water salinities [J]. Chinese Journal of Ecology, 2012, 31(8): 1997-2003.
- [15] RUDNICK D A, HIEB K, GRIMMER K F, et al. Patterns and processes of biological invasion: the Chinese mitten crab in San Francisco Bay [J]. Basic and Applied Ecology, 2003, 4(3): 249-262.
- [16] 于娜, 李加儿, 区又君, 等. 盐度胁迫及昼夜变化对鲮鱼幼鱼消化酶活力的影响[J]. 南方水产科学, 2011, 7(6): 52-57.
YU N, LI J E, OU Y J, et al. Effects of salinity stress and diurnal variation on digestive enzyme activity of juvenile grey mullet (*Mugil cephalus*) [J]. South China Fisheries Science, 2011, 7(6): 52-57.
- [17] 于娜. 盐度对鲮鱼消化生理和渗透调节生理的影响[D]. 上海: 上海海洋大学, 2011.
YU N. The effects of salinity on digestive physiology and osmoregulation physiology in grey mullet *Mugil cephalus* [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2011.
- [18] 邓平平, 施永海, 汪洋, 等. 盐度对长江刀鲚幼鱼非特异性免疫酶和消化酶活力的影响[J]. 大连海洋大学学报, 2016, 31(5): 533-537.
DENG P P, SHI Y H, WANG Y, et al. Effects of salinity on activities of non-specific immune and digestive enzymes in juvenile estuarine tapertail anchovy *Coilia nasus* [J]. Journal of Dalian Ocean University, 2016, 31(5): 533-537.
- [19] 管卫兵, 陈辉辉, 丁华腾, 等. 长江口刀鲚洄游群体生殖特征和条件状况研究[J]. 海洋渔业, 2010, 32(1): 73-81.
GUAN W B, CHEN H H, DING H T, et al. Reproductive characteristics and conditions of anadromous *Coilia ectenes* (Engraulidae) in Yangtze Estuary [J]. Marine Fisheries, 2010, 32(1): 73-81.
- [20] 张璐, 艾庆辉, 麦康森, 等. 植酸酶和非淀粉多糖酶对鲈鱼生长和消化酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2009, 33(1): 82-88.
ZHANG L, AI Q H, MAI K S, et al. Effects of phytase and non-starch polysaccharide enzyme supplementation in diets on growth and digestive enzyme activity for Japanese seabass, *Lateolabrax japonicus* C. [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2009, 33(1): 82-88.
- [21] 刘襄河, 叶超霞, 郑丽勉, 等. 饲料糊精水平对暗纹东方鲀幼鱼生长、消化酶活性和血液生化指标的影响[J]. 水产学报, 2013, 37(9): 1359-1368.
LIU X H, YE C X, ZHENG L M, et al. Effect of dietary dextrin levels on growth, activities of digestive enzyme and blood biochemical indices of juvenile obscure puffer (*Takifugu obscurus*) [J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(9): 1359-1368.
- [22] 华雪铭, 周洪琪, 张宇峰, 等. 饲料中添加壳聚糖和益生菌对暗纹东方鲀幼鱼生长及部分消化酶活性的影响[J]. 水生生物学报, 2005, 29(3): 299-305.
HUA X M, ZHOU H Q, ZHANG Y F, et al. Effect of dietary supplemental chitosan and probiotics on growth and some digestive enzyme activities in juvenile *Fugu obscurus* [J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2005, 29(3): 299-305.
- [23] 施永海, 张根玉, 张海明, 等. 配合饲料和活饵料对刀鲚幼鱼生长、存活和消化酶、非特异性免疫酶、代谢酶及抗氧化酶活性的影响[J]. 水产学报, 2014, 38(12): 2029-2038.
SHI Y H, ZHANG G Y, ZHANG H M, et al. Effects of compound feed and live feed on the growth, survival, and the activities of digestive enzyme, nonspecific immunity enzyme, metabolic enzyme, and antioxidant enzyme of young fish *Coilia nasus* [J]. Journal of Fisheries of China, 2014, 38(12): 2029-2038.

- [24] 刘凯,段金荣,徐东坡,等. 长江口中华绒螯蟹亲体捕捞量现状及波动原因[J]. 湖泊科学, 2007, 19(2): 212-217.
LIU K, DUAN J R, XU D P, et al. Studies on current resource and causes of catch fluctuation of brooders of mitten crab in estuary of the Changjiang River[J]. Journal of Lake Sciences, 2007, 19(2): 212-217.
- [25] 徐东坡,刘凯,段金荣,等. 长江下游中华绒螯蟹成蟹资源现状(2007~2011年)[J]. 长江流域资源与环境, 2015, 24(1): 39-44.
XU D P, LIU K, DUAN J R, et al. Study on Chinese mitten crab resource in the lower reaches of Yangtze River (2007-2011)[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2015, 24(1): 39-44.
- [26] 王海华,庄平,冯广朋,等. 长江赣皖段中华绒螯蟹成体资源变动及资源保护对策[J]. 浙江农业学报, 2016, 28(4): 567-573.
WANG H H, ZHUANG P, FENG G P, et al. Present situation of *Eriocheir sinensis* resources and protection countermeasures in Jiangxi and Anhui reaches of Yangtze River[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2016, 28(4): 567-573.
- [27] 陈军伟,马旭洲,王武,等. 不同规格中华绒螯蟹母本子代的生长特性比较[J]. 动物学杂志, 2016, 51(5): 895-906.
CHEN J W, MA X Z, WANG W, et al. The comparative study on growth characteristics of offspring produced by female parents with different weight of the Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Chinese Journal of Zoology, 2016, 51(5): 895-906.
- [28] 王成辉,李思发. 中华绒螯蟹种质研究进展[J]. 中国水产科学, 2002, 9(1): 82-86.
WANG C H, LI S F. Advances in studies on germplasm in Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2002, 9(1): 82-86.
- [29] 万荣荣,杨桂山,王晓龙,等. 长江中游通江湖泊江湖关系研究进展[J]. 湖泊科学, 2014, 26(1): 1-8.
WAN R R, YANG G S, WANG X L, et al. Progress of research on the relationship between the Yangtze River and its connected lakes in the middle reaches[J]. Journal of Lake Sciences, 2014, 26(1): 1-8.
- [30] 常剑波,曹文宣. 通江湖泊的渔业意义及其资源管理对策[J]. 长江流域资源与环境, 1999(2): 153-157.
CHANG J B, CAO W X. Fishery significance of the river-communicating lakes and strategies for the management of fish resources[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 1999(2): 153-157.
- [31] 李思发,王成辉,赵乃刚. 湖泊放养长江水系中华绒螯蟹的性成熟规律研究[J]. 水生生物学报, 2001, 25(4): 350-357.
LI S F, WANG C H, ZHAO N G. Studies on gonad developmental rule of lake stocked mitten crab of Yangtze population[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2001, 25(4): 350-357.
- [32] 成永旭,堵南山,赖伟. 中华绒螯蟹卵巢和胚胎发育期脂类在卵黄物质中存在的形态及其变化[J]. 动物学杂志, 1999, 34(1): 51-56.
CHENG Y X, DU N S, LAI W. On the ultrastructure of yolk lipid distribution and its changes during the Chinese crab, *Eriocheir sinensis* ovarian maturation and embryonic development[J]. Chinese Journal of Zoology, 1999, 34(1): 51-56.
- [33] 邱高峰,陶铜静. 中华绒螯蟹卵黄发生的超微结构研究[J]. 上海水产大学学报, 1996, 5(1): 8-14.
QIU G F, TAO T J. Ultrastructural studies on the vitellogenesis in the Chinese mitten-handed crab, *Eriocheir sinensis* (crustacea, decapoda)[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1996, 5(1): 8-14.
- [34] 李广丽,李思发. 长江、瓯江、辽河中华绒螯蟹消化酶的初步研究[J]. 上海水产大学学报, 1996, 5(2): 134-137.
LI G L, LI S F. Preliminary study on digestive enzymes of mitten crab, *Eriocheir sinensis* in Changjiang, Oujiang and Liaohhe rivers[J]. Journal of Shanghai Fisheries University, 1996, 5(2): 134-137.
- [35] 陈炳良,堵南山,叶鸿发. 中华绒螯蟹的食性分析[J]. 水产科技情报, 1989(1): 2-5.
CHEN B L, DU N S, YE H F. Analysis on the feeding habit of the mitten crab *Eriocheir sinensis*[J]. Fisheries Science & Technology Information, 1989(1): 2-5.
- [36] 景丽. 长江下游干流中华绒螯蟹种群特征的研究[D]. 南京:南京农业大学, 2012.
JING L. Studies on population characteristics of *Eriocheir sinensis* resource in the lower reaches of the Yangtze River [D]. Nanjing: Nanjing Agriculture University, 2012.
- [37] 杨丽丽,杨筱珍,赵柳兰,等. 冰鲜野杂鱼和配合饲料对中华绒螯蟹幼蟹生长、消化酶活力及血细胞的影响研究[J]. 复旦学报(自然科学版), 2011, 50(5): 619-624.
YANG L L, YANG X Z, ZHAO L L, et al. Effects of two different diets on the growth, digestive enzyme activity and haemocytes in juvenile Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*)[J]. Journal of Fudan University (Natural Science), 2011, 50(5): 619-624.
- [38] 潘鲁青,王克行. 中华绒螯蟹幼体消化酶活力与氨基酸组成的研究[J]. 中国水产科学, 1997, 4(2): 13-20.
PAN L Q, WANG K X. Studies on digestive enzyme activities and amino acid in the larvae of *Eriocheir sinensis*[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 1997, 4(2): 13-20.
- [39] 施炜纲,谢骏,周恩华. 中华绒螯蟹幼体及成蟹的消化酶活性研究[J]. 湛江海洋大学学报, 2000, 20(3): 67.
SHI W G, XIE J, ZHOU E H. Study on the digestive enzyme activity of Chinese mitten crab larvae and crabs[J]. Journal of Zhanjiang Ocean University, 2000, 20(3): 67.
- [40] 康现江,田志环,吴江立,等. 中华绒螯蟹蜕皮周期及蜕

皮过程中肝胰腺消化酶活性的变化[J]. 中国水产科学, 2012, 19(5): 806-812.

KANG X J, TIAN Z H, WU J L, et al. Molt stages and changes in digestive enzyme activity in hepatopancreas during molt cycle of Chinese mitten crab, *Eriocheir sinensis* [J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2012, 19(5): 806-812.

[41] 江洪波, 陈立侨, 王群, 等. 饲料蛋白质对中华绒螯蟹仔蟹消化酶活性及胰蛋白酶 mRNA 丰度的影响[J]. 水产学报, 2005, 29(2): 216-221.

JIANG H B, CHEN L Q, WANG Q, et al. Effects of dietary protein on activities of digestive enzyme and trypsin mRNA abundance in *Eriocheir sinensis* juveniles [J]. Journal of Fisheries of China, 2005, 29(2): 216-221.

Comparative study on the biological characteristics and digestive enzymes activities of Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*) during the reproductive migratory period

YU Haixin¹, XU Dongpo¹, ZHOU You², YOU Lei³, YANG Yanping¹, LIU Kai¹

(1. Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Lower Reaches of the Yangtze River, Ministry of Agriculture, Wuxi 214081, Jiangsu, China; 2. School of Food Science and Technology, Jiangnan University, Wuxi 214122, Jiangsu, China; 3. Wuxi Institute of Fisheries, Nanjing Agricultural University, Wuxi 214128, Jiangsu, China)

Abstract: In order to study the characteristics of the differences in the catch specifications, gonad maturity and digestive ability of *Eriocheir sinensis* during the reproductive migration, samples were collected from 8 sections in the lower reaches of the Yangtze River during the migration flood season from October to November 2014, and the biological investigation and digestive enzyme activity were carried out. A total of 261 samples were randomly collected, including 127 female crabs and 134 male crabs. The variation of shell width is 44.46-96.06 mm, with a mean value of (64.28 ± 9.45) mm, and the body mass variation is 34.9-312.9 g, with a mean value of (131.65 ± 57.79) g. There was a significant power function correlation between shell width and body weight. The female crab relationship was $y = 0.0008x^{2.8596}$ ($R^2 = 0.9512$), and the male crab relationship was $y = 0.0004x^{3.0315}$ ($R^2 = 0.9601$). The variation of gonad index (GSI) was 0.71-10.84, the mean value was 4.94 ± 2.59, and the hepatopancreatic index (HSI) was 2.46-20.04, with a mean value of 7.92 ± 1.89. The ratio of amylase to activity was 0.02-5.45 U/mg prot, the mean value was (0.84 ± 0.76) U/mg prot, and the ratio of lipase to activity was 0.28-1.13 U/g prot, the mean value was (0.68 ± 0.14) U/g prot. The activity of trypsin was changed to 117.21-78 897.26 U/mg prot, the mean value was (10 947.64 ± 12 663.57) U/mg prot, and the cellulase activity was 0.74-2.59 U/g prot, the mean value was (1.32 ± 0.27) U/g prot. The results showed that *Eriocheir sinensis* had less feeding during migration, the early stage of migration was mainly supplied by the fat stored in the hepatopancreas, while the later feeding intensity gradually increased. On the reproductive migration channel, the size of the adult crabs decreased along the river, and the male crab was generally larger than the female crabs. The hepatopancreas index and the gonadal index showed the variation characteristics, the activity of amylase and trypsin decreased and the activity of cellulase was smaller, but the activity of lipase increased gradually.

Key words: Chinese mitten crab (*Eriocheir sinensis*); digestive enzymes; biological characteristics; sexual maturity; reproductive migratory